

8/40

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-239505

(43)Date of publication of application : 16.09.1997

(51)Int.Cl.

B22D 11/10

(21)Application number : 08-048826

(71)Applicant : NKK CORP

(22)Date of filing : 06.03.1996

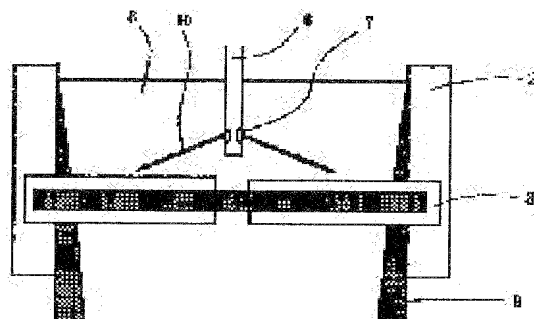
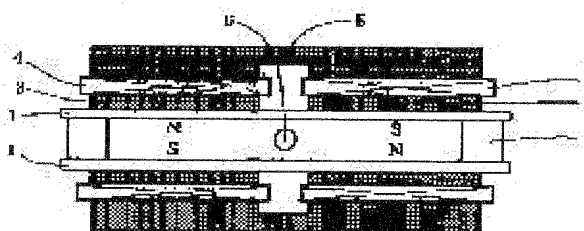
(72)Inventor : MURAKAMI KATSUHIKO  
ISHII TOSHIO

## (54) METHOD FOR CONTINUOUSLY CASTING STEEL

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent the variation of molten steel corresponding to frequency of impressed magnetic field and to improve the cleanliness over the whole width direction of a cast slab by periodically varying the frequency of the impressed AC source with time, in controlling the spouting flow from an immersion nozzle with a magnetic field static type AC magnetic field in continuous casting.

**SOLUTION:** The frequency of the impressed AC source in magnets 3 arranged on each back surface of the long side 1 of the cast slab is set in the range of 0.05-30 Hz and the frequencies is made two kinds of high and low. Further, at the time of impressing the low frequency, the frequency is changed over to  $\geq 3$  times of the low frequency only at near time zone corresponding to a phase, in which the magnetic field intensity becomes zero. Or, the impressed frequency may be continuously increased from the low frequency to the high frequency having 13 times of the low frequency and thereafter, continuously reduced from the high frequency to the original low frequency, thus to repeat these process.



9/40

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-239505

(43) 公開日 平成9年(1997)9月16日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

B 2 2 D 11/10

識別記号

3 5 0

庁内整理番号

F I

B 2 2 D 11/10

技術表示箇所

3 5 0 B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平8-48826

(22) 出願日

平成8年(1996)3月6日

(71) 出願人 000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72) 発明者 村上 勝彦

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72) 発明者 石井 俊夫

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(74) 代理人 弁理士 細江 利昭

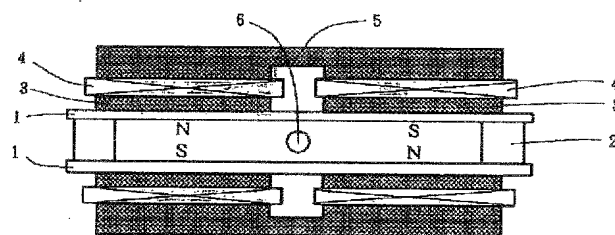
(54) 【発明の名称】 鋼の連続製造方法

(57) 【要約】

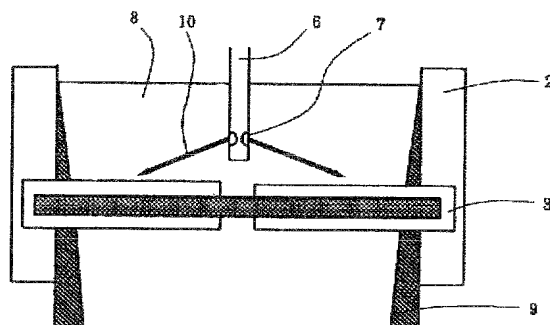
【課題】 磁界静止型交流磁界によって浸漬ノズルからの吐出流を制動する場合、印加する周波数が一定値で且つ低い時、吐出流は溶鋼流の慣性力のため十分に制動されず、逆に、磁気制動された溶鋼流が印加される周波数で変動するため、鋳型内溶鋼表面でモールドパウダーを巻き込む現象が発生する。

【解決手段】 交流電源を印加して、対向する鋳型長辺の各背面に鋳片幅方向全体にわたって配置された磁極間に異極が対向する磁界静止型交流磁界を発生させ、この磁界静止型交流磁界により浸漬ノズルから鋳型内に注入される溶鋼吐出流を制動して鋳型内溶鋼の流動制御を行う鋼の連続製造方法において、印加する交流電源の周波数を、時間と共に周期的に変動させる。

【効果】 溶鋼変動が防止され、清浄な鋼が得られる。



(a)



(b)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 交流電源を印加して、対向する鋳型長辺の各背面に鋳片幅方向全体にわたって配置された磁極間に異極が対向する磁界静止型交流磁界を発生させ、この磁界静止型交流磁界により浸漬ノズルから鋳型内に注入される溶鋼吐出流を制動して鋳型内溶鋼の流動制御を行う鋼の連続鋳造方法において、印加する交流電源の周波数を、時間と共に周期的に変動させることを特徴とする磁界静止型交流磁界を用いた鋼の連続鋳造方法。

【請求項2】 印加する交流電源の周波数を0.05Hzから30Hzの範囲とすることを特徴とする請求項1に記載の鋼の連続鋳造方法。

【請求項3】 印加する交流電源の周波数を2種とし、低い周波数を印加した時の磁界強度の絶対値がゼロになる位相に相当する近傍の時間帯のみ、低い周波数の3倍以上の周波数を有する高い周波数に切り替えることを特徴とする請求項1及び2に記載の鋼の連続鋳造方法。

【請求項4】 印加する交流電源の周波数を、低い周波数から低い周波数の3倍以上の高い周波数まで連続的に増加させ、その後、高い周波数から元の低い周波数まで連続的に減少させて、これを繰り返し印加することを特徴とする請求項1及び2に記載の鋼の連続鋳造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高品質の鋳片を得るために、電磁力によって鋳型内の溶鋼流動を制御する鋼の連続鋳造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】鋼の連続鋳造において、タンディッシュから浸漬ノズルを介して鋳型内に注入された溶鋼の吐出流は、短辺凝固シェルに衝突して下降流と上昇流とに分かれ、下降流は鋳片未凝固層深部に進入し、又、上昇流は鋳型内溶鋼表面（メニスカスともいう）で鋳型短辺から浸漬ノズルに向かう流れとなって、鋳型内溶鋼表面に「渦」、「盛り上がり」等の流れの乱れを生成させる。

【0003】脱酸生成物であるアルミナを主体とする介在物は、下降流により鋳片未凝固層深くまで侵入して凝固シェルに捕捉され、又、鋳型内溶鋼表面上に添加されたモールドパウダーは、鋳型内の溶鋼表面の「渦」、「盛り上がり」により溶鋼中に巻き込まれ、凝固シェルに捕捉される。そして、これらが鋳片の品質欠陥の主原因であり、この現象は鋳造速度の増速と共に、吐出流速が速くなるため顕著となっている。

【0004】この対策として、電磁力を用いて溶鋼流動を制御しようとする試みが数多く提案されている。

【0005】特開平3-142049号公報（以下、先行技術1と記す）には、鋳型の対向側壁の各背面の上下に設置した上下各一对の磁極の間で鋳片の幅全体にわたり静磁場を印加させて、吐出流速を電磁力で減速させる方法が開示されている。

【0006】特開平1-150450号公報（以下、先行技術2と記す）には、メニスカスから1.5mから4.0mの鋳造方向下方の位置に、直流磁界もしくは低周波交流磁界を印加させて、磁界を通過する溶鋼流動を減速・分散させる技術が開示されている。

【0007】又、先行技術1、2では磁界が移動しない静止型磁界であるに対し、移動型磁界を適用した技術として、特開昭63-212051号公報（以下、先行技術3と記す）には、低周波の交流電源によるリニア型移動磁界を用いる技術が開示されている。先行技術3では鋳型の2つの長辺側面に複数対の移動磁界発生装置を配置し、浸漬ノズルからの溶鋼の吐出流方向と反対方向に磁界を移動させ、磁界の移動方向に溶鋼を移動させ、溶鋼の吐出流速を減速させる技術である。しかし、先行技術3は、溶鋼の攪拌技術を流動制御に適用したものであり、主として磁界の移動方向しか制動力が作用しないため、流動制御手法としては不十分である。更に、電磁力が強すぎる場合には、流れの回り込みが発生したり、移動磁界による付随流れを発生させるため、浸漬ノズルからの吐出流速と磁界強度とのバランスがくずれた場合には、パウダー巻き込みを助長することになる。このように、移動磁界を用いる方法は、鋳型内での流動制御方法としては最適な方法ではない。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】先行技術1は、鋳片の全幅にわたって電磁界を配置しており、吐出流の局所に電磁界を配置した場合に発生する溶鋼流の局所的な回り込みを防止している。しかしながら、先行技術1においても、電磁力が強い場合には、上下の電磁界の谷間に沿って水平方向に溶鋼流が走り、溶鋼流が鋳型短辺面に衝突した時点で溶鋼の流れの方向は下降流となる。更に、鋳片の端部である短辺近傍では、鋳片と鋳型壁とは電気的に絶縁状態にあるため、誘導電流が逆向きに流れるため下降流を加速する方向に電磁力が作用して下降流が未凝固層深く侵入する。その結果、鋳片の幅方向中心近傍の品質は向上するものの、短辺近傍は介在物が下降流により侵入するので、品質が劣化する。

【0009】先行技術2では、溶鋼への制動力の発生手段として、単純な直流磁界に代わって、低周波の交流磁界を用いる方法が開示されている。この交流磁界の場合には、静的な誘導電流は存在しないため、先行技術1で発生する鋳片短辺近傍での下降流を助長する現象は存在しない。交流磁界の場合、与えられた電流の周波数に応じて磁界の方向と発生する誘導電流の方向とは180度変化するものの、磁気制動力の方向は変わらないため流動制御が可能であるが、この磁気制動力の値は、印加する電流の絶対値が最大の時期（磁束密度が最大値となる）から、印加する電流の絶対値がゼロの時期（磁束密度がゼロとなる）まで、1周期に2回ずつ周期的に変化することになる（以下、この磁界が移動しない交流磁界

を「磁界静止型交流磁界」という)。先行技術2に開示されているような印加する電源の周波数が1 Hz未満の一定値の低周波の場合、溶鋼流の慣性力のため、磁気制動された溶鋼流は、印加される電流の周波数で変動する。その結果、その変動がメニスカス部まで及ぶ高速鋳造の場合、電磁力制御によって逆に鋳型内溶鋼表面が乱れ、パウダーの巻き込みを助長する。

【0010】本発明は、モールドパウダーの巻き込み防止や介在物の浮上促進を目的として、短辺近傍での下降流を助長する現象を起こさない磁界静止型交流磁界によって浸漬ノズルからの吐出流を制動する場合、印加する周波数制御が極めて重要であるという知見に基づいてなされたもので、その目的とするところは印加する周波数が一定で且つ低いため、浸漬ノズルからの吐出流は溶鋼流の慣性力のため十分に制動されず、逆に、磁気制動された溶鋼流が印加された周波数で変動するため、鋳型内溶鋼表面でモールドパウダーを巻き込む現象を防止して、高品質の鋳片を製造する方法を提供するものである。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による請求項1の鋳型内溶鋼流動を防止した鋼の連続鋳造方法は、交流電源を印加して、対向する鋳型長辺の各背面に鋳片幅方向全体にわたって配置された磁極間に異極が対向する磁界静止型交流磁界を発生させ、この磁界静止型交流磁界により浸漬ノズルから鋳型内に注入される溶鋼吐出流を制動して鋳型内溶鋼の流動制御を行う鋼の連続鋳造方法において、印加する交流電源の周波数を、時間と共に周期的に変動させることを特徴とする。

【0012】発明者等の検討結果では、磁界静止型交流磁界で溶鋼流動を制御する場合、溶鋼流の慣性力のため、磁気制動された溶鋼流が、印加される電流の周波数で変動することを防止するためには、印加する電流の周波数を1 Hz以上の比較的高い周波数とすることで防止できることがわかった(特願平6-152200号)。しかし、交流磁界では周波数の増大と共にインピーダンスが上昇するので、比較的高い周波数で磁束密度を確保するには、大電圧を発生する巨大な電源装置が必要となり、効率的でない。

【0013】そこで1 Hz未満の低い周波数であっても、印加する周波数を周期的に変更すると、溶鋼が磁気制動される時間が変更されるため、印加した電流の周波数と共振した溶鋼変動を防止できることが明らかとなった。更に、印加する周波数を0.05 Hzから1 Hz未満の低い周波数と、1 Hz以上の比較的高い周波数とを組み合わせることで、共振した溶鋼変動の防止効果が顕著であることが明らかとなった。

【0014】又、印加する磁界を磁界静止型交流磁界としているので、直流磁界で発生する静的な誘導電流は存在しないため、直流磁界で発生する鋳片短辺近傍での下

降流を助長する現象はない。

【0015】請求項2に記載の発明は、請求項1の方法において、印加する交流電源の周波数を0.05 Hzから30 Hzの範囲とするものである。

【0016】周波数が0.05 Hz以下の場合、1周期の間で、電磁力のかからない時間が長くなりすぎて、流動制御の効果が減少するので好ましくない。又、周波数が30 Hz以上になると、インピーダンスが大きくなり、必要な磁力を得るには、巨大な電流が必要となり、効率的でない。

【0017】請求項3に記載の発明は、請求項1及び請求項2の方法において、印加する交流電源の周波数を2種とし、低い周波数を印加した時の磁界強度の絶対値がゼロになる位相に相当する近傍の時間帯のみ、低い周波数の3倍以上の周波数を有する高い周波数に切り替えるものである。

【0018】低い周波数の磁束密度がゼロとなる位相に相当する期間に、比較的高い周波数を印加するので、この期間の磁束密度がゼロとなる回数は増えるものの平均磁束密度は増加して、溶鋼に作用する制動力は大きくなると共に、低い周波数を単独に印加した際にみられた周期的な制動力の増減がなくなり、印加される電流の周波数に共振して変動する溶鋼変動が防止される。

【0019】請求項4に記載の発明は、請求項1及び請求項2の方法において、印加する交流電源の周波数を、低い周波数から低い周波数の3倍以上の高い周波数まで連続的に増加させ、その後、高い周波数から元の低い周波数まで連続的に減少させて、これを繰り返して印加するものである。

【0020】低い周波数から比較的高い周波数まで連続的に周波数を変更するので、溶鋼が磁気制動される時間が周期的に変更されるため、印加した電流の周波数と共振した溶鋼変動が防止される。

【0021】請求項3及び請求項4において、高い周波数を低い周波数の3倍以上とする理由は、3倍以内の近い周波数の周波数を印加しても、周波数の差が小さいので、周波数に共振した溶鋼の流動を完全には防止できないためである。

【0022】配置する磁極の段数は、一段の制御で不十分な場合は、必要に応じて複数段の磁極を鋳造方向に配置してもよい。又、本発明は、直流磁界方式に見られたような鋳片の短辺近傍の下降流の助長作用が低減されるため、逆に、そこでの短辺凝固シュルに沿った上昇流が増大し、溶鋼表面でのパウダー巻き込みを助長する場合があり、その対策としては、浸漬ノズルの吐出口より上方に磁界静止型の交流磁界もしくは、直流静磁界を設置してもよい。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】図1に示すスラブ連続鋳造機に本発明を適用する。図1において(a)は平面図、(b)

は側面図であり、1は鋳型長辺、2は鋳型短辺で、鋳型長辺1と鋳型短辺2とで形成する鋳型断面は矩形型となる。3は磁極で、磁極3は対向する鋳型長辺1の各背面に配置され、鋳造される鋳片幅以上の幅を有し、鋳片幅方向で実質的に水平に配置されている。4は磁極3を磁化するため磁極3に巻いた励磁コイル、5は磁極3のN極とS極とをつなげるリターンヨーク、6は浸漬ノズル、7は浸漬ノズル6の吐出孔、8は溶鋼、9は鋳型内で溶鋼8が凝固した凝固シェル、10は浸漬ノズルからの溶鋼吐出流である。

【0024】励磁コイル4は図示せぬ低周波交流電源につながっており、鋳型長辺1を挟んで対向する磁極3が異極となるように、低周波交流電源から低周波電流が印加されて、磁極3から鋳型厚み方向を貫く磁束が発生する。設置する磁極3の鋳造方向の中心位置は、浸漬ノズル6の吐出孔7下端位置より、鋳片引抜き方向の下方とする。

【0025】印加する周波数制御は、1台の低周波交流電源を用いて、計算機制御で印加する周波数を変更することも、又、低い周波数と高い周波数の複数の低周波交流電源を用いて、印加タイミングをずらして、目的の周波数となるように印加してもよい。

【0026】本発明の実施の形態の例として、図2及び図3に印加する周波数を示す。図2は1つの低い周波数と1つの高い周波数とを周期的に変更して印加するパターンを示す。即ち、低い周波数の1周期において磁界強度の絶対値がゼロ近辺に相当する時間帯のみ、高い周波数に切り替えて、高い周波数を印加する方法である。この場合、低い周波数は0.05Hzから1.0Hz未満で、高い周波数は低い周波数の3倍以上、且つ1.0Hz以上が好ましい。

【0027】又、図3は、低い周波数から高い周波数まで連続的に周波数を変更させ、その後高い周波数から元の低い周波数にまで連続的に変更して戻し、これを繰り返して印加するパターンである。

【0028】図1において、溶鋼8は図示せぬタンディッシュから浸漬ノズル6の吐出孔7を介して鋳型短辺2に向かって鋳型内に斜め下向きに注入される。吐出孔7から流入する吐出流10は、磁極3の位置を通過する際、磁極3から生ずる磁束により制動力を受け減速する。このようにして、連続鋳造機の鋳型内における溶鋼流動制御が行われる。

【0029】

【実施例】

<実施例1>炭素濃度が0.003wt%で、自動車外装用薄鋼板に使用され、特に鋼板表面の清浄性が要求される鋼種を対象に、図1に示す連続鋳造機において、本発明の適用テストを実施した。周波数制御は2台の低周波交流電源を用いて、印加タイミングをずらして、目的の周波数となるように印加した。

【0030】印加した交流電源により発生した磁束密度を図2に示す。図2に示すように、低い周波数による磁界強度がゼロになる近傍の時間帯に対して、高い周波数に切り替える。即ち、低い周波数の磁界強度 $B$ を $B = A \sin[(2\pi/T) \times t]$ とした場合、高い周波数を印加する時間 $t_H$ は、 $T[(n/2) - \alpha] \leq t_H \leq T[(n/2) + \alpha]$ で決定する。ここで、 $A$ は低い周波数の磁界強度の振幅、 $T$ は低い周波数の磁界強度の周期、 $n$ はゼロを含む正の整数、及び $\alpha$ は高い周波数の印加時間を決定するパラメータである。本実施例では、交流電源の低い周波数として0.05Hzとし、高い周波数としては、1.0Hzを選定し、 $\alpha = (1/8)$ とした。即ち、低い周波数の1周期当たり、その磁界強度がゼロになる時間を中心にして、その前後のおおよそ1/8周期ずつ（本実施例では2.5秒×2＝5秒間の間）で計2回（合計10秒間）、高い周波数の磁界を印加した。尚、効率良い磁束密度分布を得るために、磁極は異極対向型とし（N極とS極が対向）、磁界の強度は、実効値で2800エルステッド以上が常に確保できるように電流値を制御した。

【0031】その結果、0.05Hzの単独周波数を印加したときに見られた印加磁界の周波数に対応した鋳型内液面レベルの大きな変動は解消された。鋳造された鋳片は、内表面共に、極めて清浄で、最終製品である冷延薄鋼板の介在物起因の表面欠陥が大幅に低減した。更に、吐出流の制動効果により、電磁力による流動制御を適用しないときに顕著に見られる鋳型内の片流れ（片流れとは、浸漬ノズルの片方の吐出孔から注入される吐出流が未凝固層深くまで侵入する現象）が防止される結果、脱酸生成物の浮上分離が促進され、内質的にも極めて清浄な鋳片が得られている。

【0032】<実施例2>実施例1と同一な鋼種に対して、図1に示す連続鋳造機において、本発明の適用テストを実施した。周波数制御は1台の低周波交流電源を用いて、計算機制御で実施した。

【0033】印加した交流電源により発生した磁束密度を図3に示す。図3に示すように、低い周波数から高い周波数まで連続的にかつ、周期的に磁界の周波数を変化させた。周波数制御は、最も低い周波数を0.5Hzとし、この低い周波数の2周期に相当する時間（本実施例では、4秒間）に0.5Hzから5.0Hzまでと、5.0Hzから元の0.5Hzまで連続的に変化させた。周波数の増大に伴いインピーダンスが上昇するため、発生する磁界の強度を一定値に制御するためには、インピーダンスの上昇に対応して出力電圧を上昇させる必要がある。本実施例では、実効値で2800エルステッド以上の磁界の強度を確保するように努めたが、定電流制御の問題から、高周波印加時に若干の磁界強度の減少が見られた。しかしながら、これは効果を左右するほどの大きな問題ではなかった。

【0034】その結果、0.05Hzの単独周波数を印加したときに見られた印加磁界の周波数に対応した鋳型内液面レベルの大きな変動は解消された。鑄造された鋳片は、内表面共に、極めて清浄で、最終製品である冷延薄鋼板の介在物起因の表面欠陥が大幅に低減した。更に、実施例1と同様に、吐出流の制動効果により、脱酸生成物の浮上分離が促進され、内質的にも極めて清浄な鋳片が得られている。

【0035】

【発明の効果】本発明によれば、印加磁界の周波数に対応した溶鋼変動が防止されると共に、浸漬ノズルからの吐出流の沈静化が達成され、加えて直流磁界による鋳片短辺近傍の下降流の加速現象が解消された結果、モールドパウダーの巻き込み防止と介在物の浮上促進が図られ、鋳片幅方向全体に渡って極めて清浄な鋳片を得る事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態を模式的に示す図であり、

連続鑄造機の鋳型長辺背面に設置した交流磁界を発生する装置を模式的に表示した図で、(a)は、平面図、(b)は、側面図である。

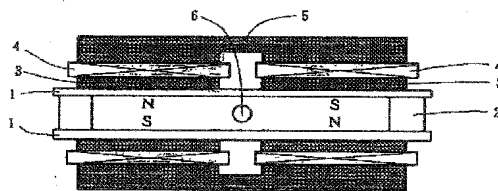
【図2】実施例1で適用した磁束密度の時間変化を概念的に示した図である。

【図3】実施例2で適用した磁束密度の時間変化を概念的に示した図である。

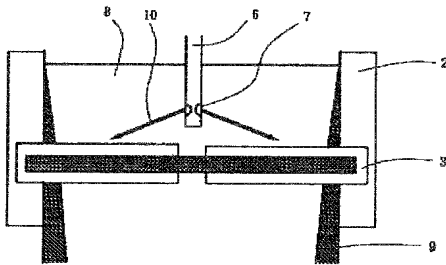
【符号の説明】

- 1：鋳型長辺
- 2：鋳型短辺
- 3：磁極
- 4：励磁コイル
- 5：リターンヨーク
- 6：浸漬ノズル
- 7：吐出孔
- 8：溶鋼
- 9：凝固シェル
- 10：吐出流

【図1】

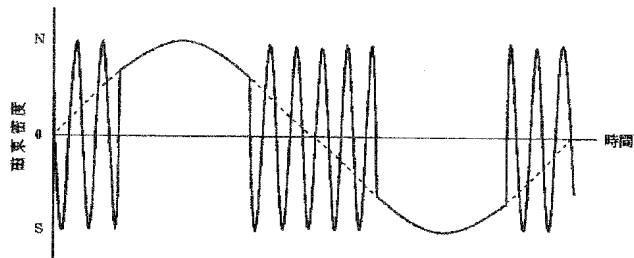


(a)



(b)

【図2】



【図3】

